

A IMPORTÂNCIA DA QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA NOS CURSOS DE QUÍMICA DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS

Terezinha Ribeiro Alvim e João Carlos de Andrade*

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13084-971 Campinas-SP

Recebido em 24/11/04; aceito em 13/5/05; publicado na web em 25/11/05

THE IMPORTANCE OF QUALITATIVE ANALYTICAL CHEMISTRY IN CHEMISTRY COURSES IN BRAZILIAN UNIVERSITIES. The results of a survey of institutions offering undergraduate studies, with the objective of evaluating the importance of Qualitative Analytical Chemistry for Chemistry courses in Brazil, are presented and discussed. Judging by the data, the content of the course of Qualitative Analytical Chemistry is considered by the Brazilian institutions offering undergraduate studies to be a body of knowledge essential for the formation of the chemist. This aspect is deemed valid for both baccalaureate and teaching license studies.

Keywords: Chemical education; Qualitative Analytical Chemistry; Brazilian institutions.

INTRODUÇÃO

A disciplina *Química Analítica Qualitativa* dos cursos de Química tem geralmente como conteúdo programático a teoria do equilíbrio químico em solução aquosa e a análise química qualitativa inorgânica em amostras sólidas ou líquidas.

Os conhecimentos ensinados na parte experimental desta disciplina têm sua origem na Antiguidade. Há cerca de 2000 anos atrás, Caius Plinius Secundus (23-79 d.C.) fez o primeiro registro de um teste químico de análise qualitativa¹. Esse teste, que visava detectar a contaminação de sulfato de ferro(II) em acetato de cobre(II), consistia em tratar uma tira de papiro embebida em extrato de noz de galha (ácido tânico) com a solução sob exame. Se a tira adquirisse a cor preta, indicava presença do sulfato de ferro(II).

Na segunda metade do século XVII, Robert Boyle (1627- 1691) muito contribuiu para o desenvolvimento da análise química estudando o uso de reações químicas para identificar várias substâncias e introduzindo novos reagentes analíticos, sendo pioneiro no uso do “volatile sulphureous spirit” (sulfeto de hidrogênio) com fins analíticos². Até essa época os métodos de análise por via úmida eram principalmente qualitativos e baseados nas propriedades químicas dos elementos.

Outros pesquisadores, como Otto Tachenius (início do século XVII) e Sigismund Andreas Marggraf (1709 - 1782), também contribuíram para que grande parte das reações químicas conhecidas e usadas em análise qualitativa inorgânica já tivesse sido descoberta até o fim do século XVIII^{2,3}. Entretanto, somente no século XIX, a análise sistemática dos elementos foi introduzida através dos trabalhos de Heinrich Rose (1795-1864) e de Carl Remigius Fresenius (1818-1897)², publicados em 1829 e 1841, respectivamente.

A análise qualitativa apresentou avanços significativos no final do século XIX e no início do século XX, respectivamente, com os trabalhos de Theodor Heinrich Behrens (1843-1905) sobre técnicas microscópicas de análise e de Fritz Feigl (1891-1971) e colaboradores, sobre os testes de toque (“spot tests”)^{1,2,4}. Estes trabalhos, publicados em livros^{5,6}, vieram consolidar essa nova área da análise química.

Através de consulta ao *Chemical Abstracts*, verificou-se que grande parte dos trabalhos publicados sobre análises qualitativas

até cerca da metade do século XX compreendiam, principalmente, estudos e aplicações de novos reagentes (geralmente orgânicos), novos testes para detecção de cátions e ânions usando técnicas microanalíticas⁷⁻³⁰, e vários estudos sobre métodos de separação de íons em uma análise sistemática³¹⁻⁵⁰. A partir dos anos 60, as publicações sobre *Química Analítica Qualitativa* tiveram seu foco voltado para as atividades de ensino⁵¹⁻⁷⁸.

Essa situação repercutiu nos currículos dos cursos universitários dos Estados Unidos. Pesquisas realizadas em 1940⁷⁹, 1950⁸⁰, 1963⁸¹ e 1966⁸² revelaram que, ao longo desses anos, a disciplina de Química Analítica Qualitativa Inorgânica foi desaparecendo dos currículos das instituições de ensino superior americanas, que passaram a incluir parte das suas atividades de laboratório na disciplina de Química Geral. Nesses casos, houve uma redução da carga horária destinada às atividades experimentais e a supressão da parte teórica específica da análise qualitativa, especialmente os equilíbrios químicos.

Vários artigos e opiniões foram publicados sobre esse assunto⁸³⁻⁹¹, citando como principal motivo para supressão da disciplina de *Qualitativa* o fato de que os processos analíticos ali ensinados não tinham valor prático real. Diante disso, Strong⁸⁹ sugeriu que um novo curso de *Química Analítica Qualitativa* deveria ensinar, na medida do possível, os princípios básicos das técnicas instrumentais, utilizando alguma atividade prática para isso. Simultaneamente, Freiser⁹⁰ propôs uma disciplina na qual a ênfase seria dada aos métodos de separação e não à detecção dos íons.

Outros pesquisadores e educadores de renome, por outro lado, não se mostraram favoráveis a esse novo enfoque. Quando entrevistado por Rudy M. Baum⁹², Henry Taube, Prêmio Nobel de Química de 1983, disse que foi um erro o desaparecimento da análise qualitativa dos currículos das universidades norte-americanas, porque esta constituía um meio de introduzir a química descritiva e de motivar os alunos a estudarem as reações químicas que, em sua opinião, “são o coração da química”.

Outro atributo importante do curso de *Química Analítica Qualitativa*, mencionado por alguns autores^{77,87,88,93}, seria o de desenvolver no aluno uma atitude de pesquisador, ao trabalhar com amostras “desconhecidas”. Segundo Benedetti-Pichler *et al.*⁸⁷ o processo de descobrir a composição química de uma amostra requer uma abordagem semelhante à usada em pesquisa. Frank⁸⁸, dentro da mesma idéia, afirmou que a sequência “pensar e agir” envolvida é

*e-mail: dandrade@iqm.unicamp.br

multíssimo similar à que se espera de um futuro pesquisador. Senise⁹³, ao enfatizar o papel da Química Analítica na formação do Químico, destaca a função pedagógica desempenhada pela *Química Analítica Qualitativa* de estimular o estudante a pensar e a raciocinar criativamente.

Apesar da polêmica, com algumas restrições, havia uma espécie de consenso em torno da idéia de que a análise qualitativa era a melhor forma de ilustrar os princípios do equilíbrio químico em soluções aquosas e a química inorgânica descritiva.

Mesmo com todo esse debate, o fato é que a situação atual da *Qualitativa* nas instituições de ensino superior brasileiras não é publicamente conhecida. Convive-se com opiniões a favor e contra a manutenção dessa disciplina nos currículos, mas nenhuma posição sobre o assunto é claramente assumida por qualquer grupo de pesquisadores ou professores de Química.

Em vista disso, foi realizada uma pesquisa no 1º semestre de 2004, na qual foram consultadas as instituições de ensino superior que oferecem Licenciatura e/ou Bacharelado em Química, incluindo todas as regiões geográficas do Brasil, com o objetivo de mostrar e analisar a atual situação da disciplina *Química Analítica Qualitativa* (ou de seu conteúdo) nos cursos de Química brasileiros.

A PESQUISA

Após consulta na página do Ministério da Educação⁹⁴ e no Guia do Estudante-Vestibular 2004⁹⁵, acessaram-se pela internet as páginas das Instituições de Ensino Superior (IES) que oferecem cursos de licenciatura e bacharelado em Química. Através dessa pesquisa e de contatos diretos com as Coordenações dos Cursos buscou-se saber quais eram as grades curriculares dos mesmos, as suas cargas horárias e os pré-requisitos das disciplinas curriculares, bem como as ementas ou programas das disciplinas da área de Química Analítica. As informações obtidas foram traduzidas em respostas às seguintes perguntas:

- 1ª) Em quantos cursos existe uma disciplina com o nome de “Química Analítica Qualitativa” ou similar (ex.: Análise Química Qualitativa, Laboratório de Análise Qualitativa, etc.) na grade curricular?
- 2ª) Em quantos cursos o conteúdo “análise qualitativa de cátions e ânions por métodos químicos” faz parte do programa de uma disciplina da área de Química Analítica?
- 3ª) Em quantos cursos o conteúdo “análise qualitativa de cátions e ânions por métodos químicos” constitui todo o programa prático e em quantos ele é apenas uma parte do programa de uma disciplina da área de Química Analítica?
- 4ª) Qual é a carga horária atribuída à disciplina contendo o conteúdo mencionado acima?
- 5ª) Em que momento dos cursos (período, etapa, semestre, ano, etc.) a disciplina é oferecida e qual(is) é(são) o(s) pré-requisito(s) para a mesma?
- 6ª) Em quantos cursos esse conteúdo é ensinado em disciplinas de Química Geral ou Inorgânica?

Das 117 IES brasileiras contatadas, 66 forneceram todas as informações solicitadas, incluindo instituições públicas e particulares (Tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas às três primeiras perguntas (Figuras 1-3) mostram que as IES brasileiras apresentam um enfoque bastante distinto das instituições americanas, em relação ao ensino da análise qualitativa inorgânica. Fica bem claro que no Brasil esse conjunto de conhecimentos ainda é tido como relevante dentro do ensino da Química e

merecedor de uma disciplina específica de Química Analítica para ministrá-lo. Os dados colhidos parecem indicar que essa conduta é uniforme e não é influenciada nem pela natureza da instituição (pública ou particular) nem pela região geográfica do país. Cinquenta dos sessenta e seis cursos analisados têm a análise de cátions e ânions como todo o programa da parte experimental de uma disciplina de Química Analítica, enquanto que em 12 cursos esse conteúdo é um tópico do programa da disciplina que também contém tópicos da análise quantitativa, como gravimetria e volumetria (Figura 3).

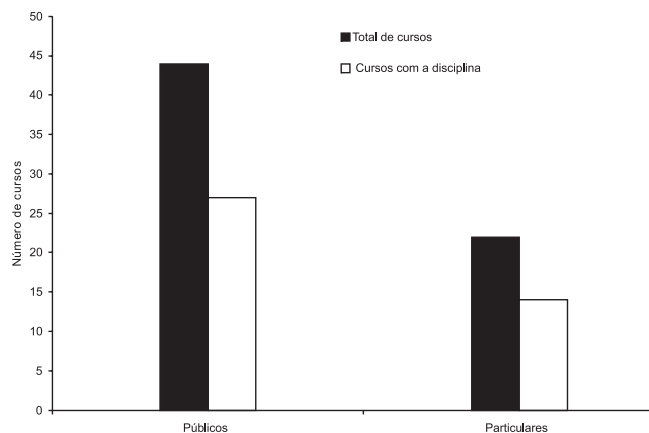


Figura 1. Número de cursos que possuem uma disciplina com o nome de “Química Analítica Qualitativa” (ou similar) em suas grades curriculares

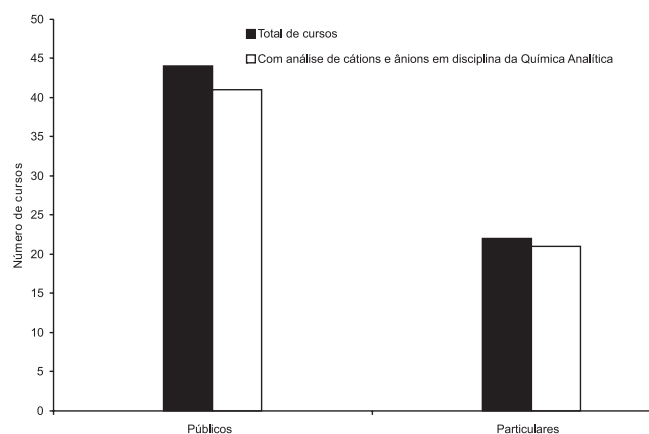


Figura 2. Número de cursos que possuem uma disciplina da área de Química Analítica contendo “análise química qualitativa inorgânica (teoria e prática)” em seu programa

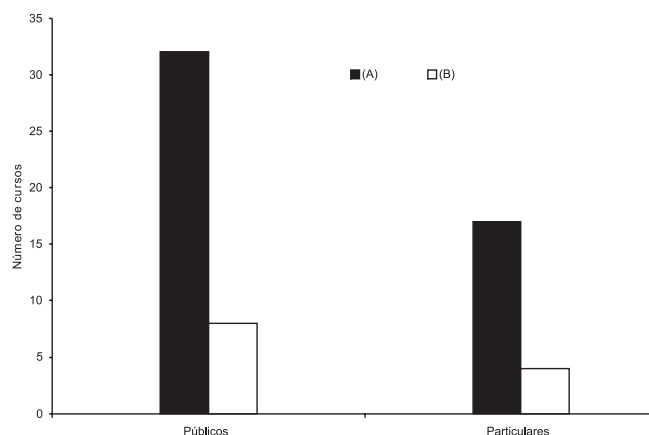


Figura 3. Número de cursos que apresenta o conteúdo “análise qualitativa de cátions e ânions por métodos químicos” no programa da parte experimental da disciplina. (A) como programa completo; (B) apenas como item do programa

Tabela 1. Instituições de Ensino Superior que forneceram as informações solicitadas e seus respectivos cursos

INSTITUIÇÃO	CURSO(S)*	NATUREZA JURÍDICA**
Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás	QI	Pública
Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP	B, L e QT	Pública
Instituto de Química de São Carlos/USP	B	Pública
Universidade de São Paulo	B, L e QT	Pública
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	L	Pública
Universidade Estadual da Paraíba	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual de Campinas	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual de Goiás	QI	Pública
Universidade Estadual de Londrina	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual de Maringá	B e L	Pública
Universidade Estadual de Santa Cruz	L	Pública
Universidade Estadual do Ceará	L	Pública
Universidade Estadual do Centro-Oeste	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul	L	Pública
Universidade Estadual do Oeste do Paraná	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual do Piauí	L	Pública
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul	QA	Pública
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	B, L e QT	Pública
Universidade Estadual Paulista	B, L e QT	Pública
Universidade Federal de Santa Maria	L e QI	Pública
Universidade Federal da Paraíba	B e L	Pública
Universidade Federal de Goiás	B, L e QI	Pública
Universidade Federal de Juiz de Fora	B e L	Pública
Universidade Federal de Minas Gerais	B e L	Pública
Universidade Federal de Pernambuco	B, L e QI	Pública
Universidade Federal de Santa Catarina	B, L e QT	Pública
Universidade Federal do Espírito Santo	L	Pública
Universidade Federal do Pará	B, L e QI	Pública
Universidade Federal do Paraná	B e L	Pública
Universidade Federal do Rio de Janeiro	B e L	Pública
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	B e L	Pública
Universidade Federal Fluminense	B, L e QI	Pública
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	B e L	Pública
Fundação Universidade de Brasília	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal de Ouro Preto	QI	Mista
Fundação Universidade Federal de Pelotas	B, L e QA	Mista
Fundação Universidade Federal de São Carlos	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal de São João Del Rei	L	Mista
Fundação Universidade Federal de Sergipe	B, L e QI	Mista
Fundação Universidade Federal de Uberlândia	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal de Viçosa	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal do Piauí	B e L	Mista
Fundação Universidade Federal do Rio Grande [#]	L	Mista
Centro Universitário La Salle	L e QT	Particular
Centro Universitário Univates	QA	Particular
Faculdades Integradas do Vale do Ribeira	L	Particular
Fundação Universidade Regional de Blumenau	B e L	Particular
Instituto Manchester Paulista de Ensino Superior	B	Particular
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis	QA	Particular
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	B, L e QI	Particular
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	L e QI	Particular
Universidade Católica de Brasília	L	Particular
Universidade Católica de Pelotas	QAm	Particular
Universidade Católica de Pernambuco	B, L e QI	Particular
Universidade da Região de Joinville	QI	Particular
Universidade de Passo Fundo	B e L	Particular
Universidade de Santa Cruz do Sul	L e QI	Particular
Universidade do Contestado	QA	Particular
Universidade do Sul de Santa Catarina	L	Particular

Tabela 1. (cont.)

INSTITUIÇÃO	CURSO(S)*	NATUREZA JURÍDICA**
Universidade Metodista de Piracicaba	B	Particular
Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí	QA	Particular
Universidade Presbiteriana Mackenzie	L	Particular
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul	B, L e QA	Particular
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões	B e L	Particular
Universidade São Francisco	L	Particular

* B = Bacharelado; L = Licenciatura; QI = Química Industrial; QT = Química Tecnológica; QA = Química de Alimentos; QAm = Química Ambiental. ** O termo *Particular* foi usado para designar as instituições de natureza privada, com ou sem fins lucrativos. #Rio Grande do Sul

Para se obter a resposta à quarta pergunta, foi contabilizada a carga horária total despendida com o ensino da teoria dos equilíbrios químicos e dos métodos de separação e identificação dos cátions e ânions, nos 50 cursos. Como as cargas horárias totais apresentaram uma grande variação entre os cursos (60 a 200 h), levantou-se o número de cursos por faixa de carga horária (Figura 4). Os cursos particulares tendem a estabelecer uma carga horária menor quando comparados aos cursos públicos, que se distribuem igualmente em três faixas de carga horária. Deve-se notar que apenas um curso particular dedica uma carga horária em torno de 120 h para o ensino desses conteúdos. Isto indica que no Brasil os métodos químicos de análise qualitativa inorgânica e seus fundamentos teóricos são considerados conhecimentos necessários aos estudantes, pois os cursos de Química dedicam uma carga horária significativa à essa disciplina, notadamente nos cursos públicos.

Em relação à quinta pergunta, verificou-se que, com exceção de um curso, todos os outros oferecem esse conteúdo a partir do 2º semestre. Mais exatamente, foi observado que a maioria deles oferece a disciplina a partir do 3º semestre (Figura 5). Como a quími-

ca analítica qualitativa inorgânica caracteriza-se por um conjunto de conhecimentos técnicos e científicos aplicados, fundamentados em conceitos e teorias da química inorgânica e da físico-química, as IES brasileiras parecem considerar que seja difícil para um aluno ingressante executar os experimentos da análise qualitativa, sem um conhecimento prévio dos aspectos teóricos da matéria e um treinamento básico em técnicas de laboratório.

Quanto aos pré-requisitos, apenas 34 cursos mencionam esta exigência de forma explícita. Destes, 26 estabeleceram como pré-requisito apenas a disciplina de Química Geral. Entre os restantes, 3 mencionam apenas a disciplina de Química Inorgânica, 1 menciona apenas uma disciplina da Química Analítica e 3 as disciplinas de Química Geral e Química Inorgânica, conjuntamente.

Além disso, pode-se destacar que apenas 2 cursos ministram esse conteúdo em alguma disciplina do ciclo básico (Química Geral ou simplesmente Química). Também foi constatado que 2 cursos públicos não têm esse conteúdo em seus currículos obrigatórios.

CONCLUSÃO

Pelos dados analisados, o conteúdo da disciplina *Química Analítica Qualitativa* (ou equivalente) parece ser considerado pelas IES brasileiras como um conjunto de conhecimentos essencial e obrigatório para a formação do Químico. Isto é válido tanto para os cursos de licenciatura como para os de bacharelado, em suas diversas modalidades, indicando que qualquer mudança significativa no quadro atual deve ser discutida em profundidade.

De fato, a importância da disciplina de *Química Analítica Qualitativa* fica evidente quando se mostra que várias reações empregadas nas práticas de laboratório são fundamentos para vários métodos quantitativos de referência⁹⁶⁻⁹⁸, empregados em diversos laboratórios. Além disso, diversos testes qualitativos são empregados rotineiramente no controle de qualidade de fármacos⁹⁷ e outros materiais⁹⁸.

Isso mostra a limitação dos argumentos dos docentes americanos e que as IES brasileiras, públicas e privadas, incluindo as de grande notoriedade, reafirmam a importância da disciplina *Química Analítica Qualitativa* dentro da realidade acadêmica brasileira. É provável que os estudantes venham a ter maior interesse pela matéria se os docentes mostrarem os inúmeros usos práticos e reais dos conhecimentos contidos nas ementas dessa disciplina.

AGRADECIMENTOS

A todas as instituições que contribuíram com essa pesquisa fornecendo-nos os dados solicitados.

REFERÊNCIAS

1. Hillis, M. O.; *J. Chem. Educ.* **1945**, 22, 348.

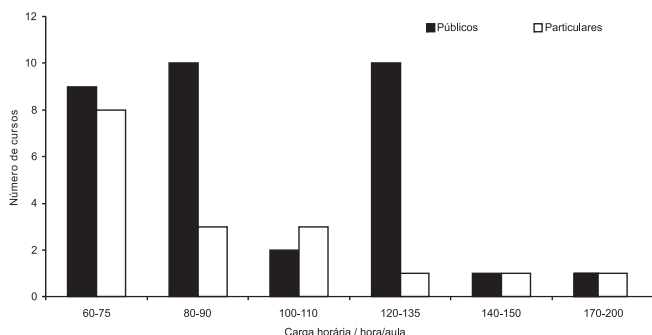


Figura 4. Cargas horárias atribuídas às disciplinas cujos conteúdos programáticos são equilíbrio químico e análise química qualitativa de cátions e ânions (teoria e prática)

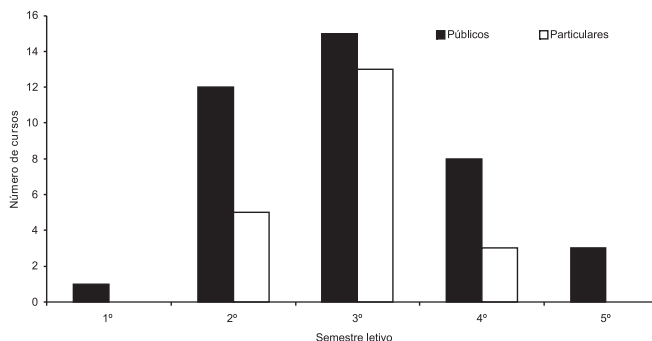


Figura 5. Indicações sobre qual semestre letivo a disciplina com conteúdo programático “análise química qualitativa de cátions e ânions” é oferecida

2. Szabadváry, F.; *History of Analytical Chemistry*, Pergamon Press Ltd.: Londres, 1966.
3. Welcher, F. J.; *J. Chem. Educ.* **1957**, *34*, 389.
4. van Nieuwenburg, C. J.; *Analyst* **1956**, *81*, 450.
5. Feigl, F.; Anger, V.; *Spot Tests in Inorganic Analysis*, 6th ed., Elsevier Publishing Company: Amsterdam, 1972.
6. Feigl, F.; Anger, V.; *Spot Tests in Organic Analysis*, 7th ed., Elsevier Publishing Company: Amsterdam, 1966.
7. Feigl, F.; *Z. Anal. Chem.* **1918**, *57*, 135 (CA 12: 2173).
8. Feigl, F.; Stern, R.; *Z. Anal. Chem.* **1921**, *60*, 1 (CA 15: 2598).
9. Feigl, F.; *Mikrochemie* **1923**, *1*, 74. (CA 18: 1624).
10. Feigl, F.; *Ber.* **1924**, *57B*, 759 (CA 18: 2663).
11. Denigès, G.; *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* **1924**, *62*, 65 (CA 18: 2298).
12. Feigl, F.; *Mikrochemie* **1924**, *2*, 186 (CA 19: 1108).
13. Fischer, H.; *Mikrochemie* **1930**, *2*, 319 (CA 25: 893).
14. Feigl, F.; Krumholz, P.; Rajmann, E.; *Mikrochemie* **1931**, *3*, 395 (CA 25: 4197).
15. Fiegl, F.; Hamburg, H.; *Z. Anal. Chem.* **1931**, *86*, 1 (CA 25: 5866).
16. Grünsteidl, E.; *Mikrochemie* **1932**, *12*, 169 (CA 27: 678).
17. Feigl, F.; *Mikrochemie* **1933**, *13*, 129 (CA 27: 3895).
18. Fischer, H.; *Angew. Chem.* **1934**, *47*, 685 (CA 29: 69^a).
19. Benedetti-Pichler, A. A.; Spikes, W. F.; *Mikrochemie* **1934**, *15*, 271 (CA 29: 69^b).
20. Augusti, S.; *Mikrochemie* **1935**, *17*, 113 (CA 29: 5384⁷).
21. van Nieuwenburg, C. J.; van der Hoek, T.; *Mikrochemie* **1935**, *18*, 175 (CA 30: 43³).
22. Tananaev, N. A.; Budkevich, A. A.; *Z. Anal. Chem.* **1935**, *103*, 353 (CA 30: 1328²).
23. Tananaev, N. A.; Shulepova, V. A.; *J. Appl. Chem.(U.S.S.R.)*, **1935**, *8*, 1070 (CA 30: 5149¹).
24. Rossi, L.; *Quim. Ind.* **1935**, *12*, 277 (CA 30: 2131⁵).
25. Pearson, J. G.; *Chem. Eng. Mining. Rev.* **1936**, *28*, 108 (CA 30: 2517⁴).
26. Yanowski, L. K.; Hynes, W. A.; *Mikrochemie* **1937**, *23*, 143 (CA 32: 1611³).
27. Martini, A.; *Pub. Inst. Invest. Microquim.* **1940**, *4*, 25 (CA 36: 366⁸).
28. Martini, A.; Graf, J. C. B.; *Pub. Inst. Invest. Microquim.* **1939**, *3*, 55 (CA 36: 6434³).
29. Manolov, K. R.; *Mikrochim. Acta* **1962**, 977 (CA 57: 14416h).
30. Grienpink, B. F. A.; Veldman, J.; *Mikrochim. Ichnoanal. Acta* **1964**, *5*, 750 (CA 61: 12607h).
31. Noyes, A. A.; *J. Am. Chem. Soc.* **1912**, *34*, 609.
32. Welch, J. M.; Weber, H. C. P.; *J. Am. Chem. Soc.* **1916**, *38*, 1011.
33. Weber, H. C. P.; Winkelmann, H. A.; *J. Am. Chem. Soc.* **1916**, *38*, 2000.
34. Welcher, F. J.; Briscoe, H. T.; *Chem. News* **1932**, *145*, 161 (CA 27: 44).
35. Scheinkmann, A. I.; *Z. Anal. Chem.* **1933**, *9*, 415 (CA 27: 1841).
36. Smith, T. B.; *J. Chem. Soc.* **1933**, 253.
37. Sconzo, A.; *Ann. Chim. Appl.* **1933**, *23*, 215 (CA 27: 5029).
38. Macri, V.; *Boll. Chim. Farm.* **1935**, *74*, 345 (CA 29: 7213¹).
39. Puzevskaya, S. M.; *J. Gen. Chem. (U.S.S.R.)* **1935**, *5*, 498 (CA 29: 7224⁹).
40. Benedetti-Pichler, A. A.; Rachele, J. R.; *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* **1937**, *9*, 589.
41. Benedetti-Pichler, A. A.; Rachele, J. R.; *Mikrochemie* **1938**, *24*, 16 (CA 32: 4469⁷).
42. Austin, G. J.; *Analyst* **1947**, *72*, 443.
43. Taimni, I. K.; Agarwal, R. P.; *Anal. Chim. Acta* **1953**, *9*, 208.
44. Swift, E. H.; Niemann, C.; *Anal. Chem.* **1954**, *26*, 538.
45. Vogel, A. I.; Cresswell, W. T.; Jeffery, G. H.; Leicester, J.; *Analyst* **1956**, *81*, 244.
46. Taimni, I. K.; Lal, M.; *Anal. Chim. Acta* **1957**, *17*, 367.
47. Salaria, G. B. S.; *Anal. Chim. Acta* **1959**, *21*, 312.
48. Henry, A. J.; *Analyst* **1964**, *89*, 255.
49. Poonia, N. S.; Bhagwat, V. W.; *Mikrochim. Acta* **1969**, *5*, 1008.
50. Lumme, P.; Tummavuori, J.; *Acta Chem. Scand.* **1973**, *27*, 851.
51. Lehrman, L.; Dorenbusch, M.; Meisler, N.; *J. Chem. Educ.* **1960**, *37*, 407.
52. Hahn, R. B.; Sanders, C. H.; *J. Chem. Educ.* **1960**, *37*, 408.
53. Hahn, R. B.; Sanders, C. H.; Gutnikov, G.; *J. Chem. Educ.* **1960**, *37*, 412.
54. Armstrong, A. R.; *J. Chem. Educ.* **1960**, *37*, 413.
55. Chandra, R.; *J. Chem. Educ.* **1961**, *38*, 409.
56. Vavoulis, A.; *J. Chem. Educ.* **1962**, *39*, 395.
57. Paul, A. D.; Gibson, Jr., J. A.; *J. Chem. Educ.* **1962**, *39*, 398.
58. Whitehead, T. H.; Hatcher, G. K.; *J. Chem. Educ.* **1962**, *39*, 399.
59. Rich, R.; *J. Chem. Educ.* **1962**, *39*, 400.
60. O'Donnell, T. A.; *J. Chem. Educ.* **1963**, *40*, 415.
61. Paul, A. D.; Gibson, Jr., J. A.; *J. Chem. Educ.* **1963**, *40*, 417.
62. Poonia, N. S.; Gupta, H. K. L.; *J. Chem. Educ.* **1964**, *41*, 439.
63. Paul, A. D.; Gibson, Jr., J. A.; *J. Chem. Educ.* **1965**, *42*, 440.
64. Packer, J. E.; *J. Chem. Educ.* **1966**, *44*, 480.
65. Poonia, N. S.; Gupta, H. K. L.; Sprouse, M.; *J. Chem. Educ.* **1967**, *44*, 480.
66. Thompson, M.; Bixler, J. W.; *J. Chem. Educ.* **1971**, *48*, 113.
67. Ophadt, C. E.; *J. Chem. Educ.* **1974**, *51*, 415.
68. Haendler, B. L.; Cook, R.; Siemencow, G.; *J. Chem. Educ.* **1982**, *59*, 333.
69. Cole, G. M.; Waggoner, W. H.; *J. Chem. Educ.* **1983**, *60*, 135.
70. Kistner, C. R.; Robinson, P. J.; *J. Chem. Educ.* **1983**, *60*, 1071.
71. Kilner, C.; *J. Chem. Educ.* **1985**, *62*, 80.
72. Vitale, D.; *J. Chem. Educ.* **1990**, *67*, 64.
73. Blankenship, J. F.; Costello, S.; Sprouse, M.; Settle, Jr., F. A.; Bolen, R. H.; Pleva, M. A.; *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, A65.
74. Solomon, S.; Fülep-Poszmik, A.; Lee, A.; *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, 328.
75. Petty, J. T.; *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, 942.
76. Laing, M.; *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 666.
77. Tan, Y. S. S.; Tan, B. H. I.; Lee, H. K.; Yan, Y. K.; Hor, T. S. A.; *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 456.
78. Chakraborty, A.; Chakraborty, A.; Chakravarti, A. K.; *J. Indian Chem. Soc.* **2002**, *79*, 197.
79. Reed, R. D.; Cortelyou, W. P.; Calandra, A.; *J. Chem. Educ.* **1940**, *17*, 220.
80. Bacon, E. K.; Heath, F. H.; Martin, C. S.; Reed, R. D.; Rogers, H. W.; Weidner, B. V.; *J. Chem. Educ.* **1950**, *27*, 675.
81. Hovey, N. W.; *J. Chem. Educ.* **1963**, *40*, 410.
82. Krohn, A.; *J. Chem. Educ.* **1966**, *43*, 419.
83. Sears, G. W.; *J. Chem. Educ.* **1927**, *4*, 627.
84. Guy, J. S.; *J. Chem. Educ.* **1928**, *5*, 573.
85. Furman, N. H.; *J. Chem. Educ.* **1928**, *5*, 946.
86. Wasley, W. L.; *J. Chem. Educ.* **1946**, *23*, 357.
87. Benedetti-Pichler, A. A.; Schneider, F.; Steinbach, O. F.; *J. Chem. Educ.* **1957**, *34*, 381.
88. Frank, R. E.; *J. Chem. Educ.* **1957**, *34*, 383.
89. Strong III, F. C.; *J. Chem. Educ.* **1957**, *34*, 400.
90. Freiser, H.; *J. Chem. Educ.* **1957**, *34*, 387.
91. Stubbs, M. F.; *J. Chem. Educ.* **1959**, *36*, 387.
92. Baum, R. M.; *Chem. Eng. News* **1984**, *62*, 31.
93. Senise, P. E. A.; *Quim. Nova* **1982**, *5*, 137.
94. <http://www.mec.gov.br/sesu/ies.shtm>, acessada em Janeiro 2004.
95. *Guia do Estudante Vestibular*, ed. 2004, Ed. Abril S. A.: São Paulo.
96. de Andrade, J. C.; Alvim, T. R.; *Resumos do 43º Congresso Brasileiro de Química da Associação Brasileira de Química*, Ouro Preto, Brasil, 2003.
97. *Farmacopéia brasileira*, 4^a ed., São Paulo: Atheneu, 1988.
98. *ASTM Standards Source CD 2003*; West Conshohocken PA.